

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09011043 A**

(43) Date of publication of application: **14.01.97**

(51) Int. Cl. **B23H 1/02**

(21) Application number: **07186288**

(71) Applicant: **NEC CORP**

(22) Date of filing: **29.08.95**

(72) Inventor: **FUJII AKIRA**

(54) **ELECTRIC DISCHARGE MACHINING METHOD
AND ELECTRIC DISCHARGE MACHINING
DEVICE**

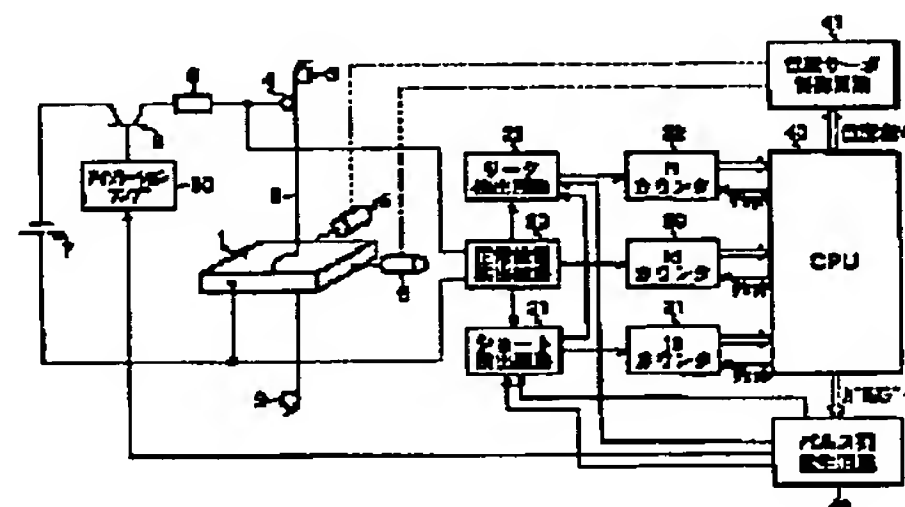
command, and a relative position between the workpiece 1 and the wire electrode 2 is optimized.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide an electric discharge machining method by which control of a discharge machining interval based on machining energy can be carried out precisely.

CONSTITUTION: When electric discharge is generated between a wire electrode 2 and a workpiece 1, a normal electric discharge, a short circuit condition, and a leakage condition are detected on the basis of a bath voltage waveform by means of a normal electric discharge detecting circuit 20, a short-circuit detecting circuit 21, and a leakage detecting circuit 22, and through a fd counter 39, a fs counter 21, and a fl counter 32, a normal discharge frequency fd, a short circuit frequency fs, and a leakage discharge frequency fl are found so as to be fed to a CPU 40 as data. In the CPU 40, machining energy is computed from the data and the predetermined machining efficiency, and on the basis of the machining energy, a position command is fed to a position servo control circuit 41. The position servo control circuit 41 drives servomotors 5, 6 on the basis of the position



(51)Int.Cl.⁶ 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所
B 2 3 H 1/02 B 2 3 H 1/02 D

審査請求 有 請求項の数12 F D (全 8 頁)

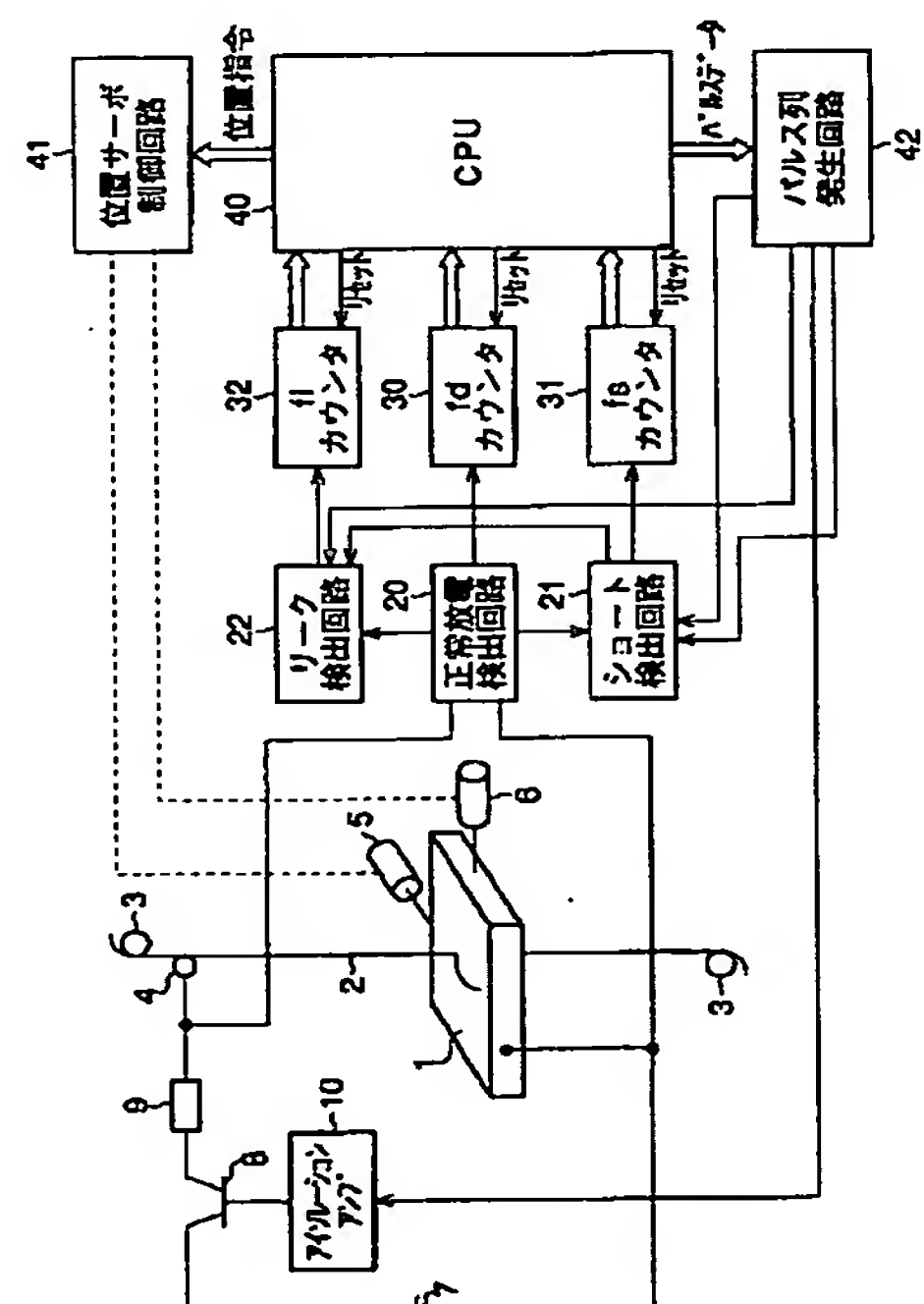
(21)出願番号	特願平7-186286	(71)出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成7年(1995)6月29日	(72)発明者	藤井 章 東京都港区芝5丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(74)代理人	弁理士 小橋川 洋二

(54)【発明の名称】 放電加工方法及び放電加工装置

(57)【要約】

【目的】 加工エネルギーに基づく放電加工間隙の制御を正確に行うことができる放電加工方法を提供する。

【構成】 ワイヤ電極2と被加工物1との間に放電が発生したとき、極間電圧波形より正常放電、ショート状態及びリーク状態を正常放電検出回路20、ショート検出回路21及びリーク検出回路22で検出し、fdカウンタ30、fsカウンタ31及びf1カウンタ32を通じて正常放電周波数fd、ショート周波数fs及びリーク放電周波数f1を求め、これらをデータとしてCPU40に送出する。CPU40は前記データと予め設定した加工効率とから加工エネルギーを算出し、その加工エネルギーに基づいて位置サーボ制御回路41に位置指令を送出する。位置サーボ制御回路41は前記位置指令に基づきサーボモータ5、6を駆動し、被加工物1とワイヤ電極2との間の相対位置を最適化する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工電極と被加工物との間の加工間隙に予め設定された通電時間及び休止時間に従って間欠的に電圧パルス印加して放電を発生させるとともに、加工電極と被加工物とを相対移動させることにより被加工物を加工する放電加工方法において、加工中の放電状態を検出するとともに複数の放電状態に識別し、前記複数の放電状態に応じた複数の放電周波数を検出し、前記複数の放電状態に応じて予め複数の加工効率を設定し、前記複数の放電周波数と前記加工効率に基づいて加工エネルギーを算出し、前記加工エネルギーに基づいて加工電極と被加工物との相対位置を制御する、ことを特徴とする放電加工方法。

【請求項2】 前記加工エネルギーを、前記複数の放電周波数と、その各々に対応する前記加工効率との積和により算出することを特徴とする請求項1記載の放電加工方法。

【請求項3】 加工電極と被加工物との相対位置を制御することに関して、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御することを特徴とする請求項1記載の放電加工方法。

【請求項4】 加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別することに関し、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態、又は漏洩しているリーク状態に識別することを特徴とする請求項1記載の放電加工方法。

【請求項5】 加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別することに関し、前記間欠的な電圧パルス印加する毎に放電開始電圧を記憶し、その記憶された放電開始電圧のデータに基づいて前記加工電極と前記被加工物との間の放電状態を識別することを特徴とする請求項1記載の放電加工方法。

【請求項6】 加工電極と被加工物との間の加工間隙に予め設定された通電時間及び休止時間に従って間欠的に電圧パルス印加して放電を発生させるとともに、加工電極と被加工物とを相対移動させることにより被加工物を加工する放電加工装置において、加工中の放電状態を検出するとともに複数の放電状態に識別する手段と、識別する複数の放電状態に応じた複数の放電周波数を検出する手段と、予め前記複数の放電状態に応じた複数の加工効率を設定する手段と、前記複数の放電周波数と前記加工効率とに基づいて加工エネルギーを算出する手段と、

との相対位置を制御する位置制御手段とを備えたことを特徴とする放電加工装置。

【請求項7】 前記通電時間及び／又は休止時間が、加工中の加工状態に応じて可変設定されることを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【請求項8】 前記加工効率を設定する手段は、予め設定された複数の加工効率を記憶する記憶手段を備えるとともに、前記算出する手段が、前記加工エネルギーを算出するため前記記憶手段から前記加工効率を読み取ることを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【請求項9】 前記算出する手段は、加工エネルギーを前記複数の放電周波数とその各々に対応する前記加工効率との積和により算出することを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【請求項10】 前記位置制御手段は、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御することを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【請求項11】 前記識別する手段は、加工電極と被加工物との間の放電状態を、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態、及び漏洩しているリーク状態に識別することを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【請求項12】 前記識別する手段は、前記間欠的な電圧パルス印加する毎に放電開始電圧を記憶し、その記憶された放電開始電圧のデータに基づいて前記放電状態を識別することを特徴とする請求項6記載の放電加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は放電加工方法及び放電加工装置に関し、特に仕上げ加工等でのインコーナ部及びアウトコーナ部においても安定したサーボ送り加工ができるようにした放電加工方法及び放電加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】放電加工においては、電極と被加工物との間（加工間隙）に、電圧パルス印加してその間で放電を発生させ、所定の通電時間（Ton）と休止時間（Toff）を繰返し、被加工物を加工している。一般に、電圧パルス印加してから放電開始までの時間を無負荷電圧印加時間（以下、単に「無負荷時間」と略す）といい、放電開始から放電終了までの時間を通電時間（Ton）、放電終了から次の電圧パルス印加までの時間を休止時間（Toff）という。

【0003】放電を安定に維持するために電極と被加工物との相対的な送り速度を制御（サーボ送り）する必要があるが、従来、この種の送り速度制御としては、加工間隙に現れる極間電圧（パルス電圧）をフィルタ回路を

り速度を制御する方法が知られている。また、無負荷時間をクロックパルス等を用いて直接計数し、その無負荷時間に基づいて送り速度を制御する方法（特開平2-109633号公報）及び放電周波数を検出し、その放電周波数より無負荷時間を算出しその無負荷時間に基づいて送り速度を制御する方法（特開平6-065732号公報）も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に、放電加工の仕上げ加工では、放電周波数が高く無負荷時間が極めて短いことが多い。従って、極間電圧の平均電圧をフィルタ回路を用いて検出する方法においては、加工屑等によって発生するショート状態と無負荷時間が極めて短い状態との識別が困難で、安定したサーボ送りを行うことは困難であった。

【0005】一方、無負荷時間を検出又は算出し、その無負荷時間に基づいて送り速度を制御する方法においても、ショート状態と無負荷時間が極めて短い状態等との識別ができないので、インコーナ部等のように加工量が極端に変化するとき最適なサーボ送りを行うことは困難であった。

【0006】本発明は以上のような従来の問題点に鑑みてなされたもので、加工エネルギーに基づく加工間隙の制御を正確にできるようにすること、特に、仕上げ加工においても安定したサーボ送り加工が可能な放電加工方法及び放電加工装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、加工電極と被加工物との間の加工間隙に予め設定された通電時間及び休止時間に従って間欠的に電圧パルスを印加して放電を発生させるとともに、加工電極と被加工物とを相対移動させることにより被加工物を加工する放電加工方法において、加工中の放電状態を検出するとともに複数の放電状態に識別し、前記複数の放電状態に応じた複数の放電周波数を検出し、前記複数の放電状態に応じて予め複数の加工効率を設定し、前記複数の放電周波数と前記加工効率に基づいて加工エネルギーを算出し、前記加工エネルギーに基づいて加工電極と被加工物との相対位置を制御することを特徴とするものである。

【0008】請求項2記載の発明は、前記加工エネルギーを、前記複数の放電周波数と、その各々に対応する前記加工効率との積和により算出することを特徴とするものである。

【0009】請求項3記載の発明は、加工電極と被加工物との相対位置を制御することに関して、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御することを含むことを特徴とするものである。

【0010】請求項4記載の発明は、加工中の放電状態

に関し、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態又は漏洩しているリーク状態に識別することを特徴とするものである。

【0011】請求項5記載の発明は、加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別することに関し、前記間欠的な電圧パルスを印加する毎に放電開始電圧を記憶し、その記憶された放電開始電圧のデータに基づいて前記加工電極と前記被加工物との間の放電状態を識別することを特徴とするものである。

【0012】請求項6記載の発明は、加工電極と被加工物との間の加工間隙に予め設定された通電時間及び休止時間に従って間欠的に電圧パルスを印加して放電を発生させるとともに、加工電極と被加工物とを相対移動させることにより被加工物を加工する放電加工装置において、加工中の放電状態を検出するとともに複数の放電状態に識別する手段と、識別する複数の放電状態に応じた複数の放電周波数を検出する手段と、予め前記複数の放電状態に応じた複数の加工効率を設定する手段と、前記複数の放電周波数と前記加工効率とに基づいて加工エネルギーを算出する手段と、算出した加工エネルギーに基づいて加工電極と被加工物との相対位置を制御する位置制御手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0013】請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明における前記通電時間及び／又は休止時間が、加工中の加工状態に応じて可変設定されることを特徴とするものである。

【0014】請求項8記載の発明は、請求項6記載の発明における前記加工効率を設定する手段が、予め設定された複数の加工効率を記憶する記憶手段を備えるとともに、前記算出する手段が、前記加工エネルギーを算出するため前記記憶手段から前記加工効率を読み取ることを特徴とするものである。

【0015】請求項9記載の発明は、請求項6記載の発明における前記算出する手段が、加工エネルギーを前記複数の放電周波数とその各々に対応する前記加工効率との積和により算出することを特徴とするものである。

【0016】請求項10記載の発明は、請求項6記載の発明における前記位置制御手段が、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御することを特徴とするものである。

【0017】請求項11記載の発明は、請求項6記載の発明における前記識別する手段が、加工電極と被加工物との間の放電状態を、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態及び漏洩しているリーク状態に識別することを特徴とするものである。

【0018】請求項12記載の発明は、前記識別する手段が、前記間欠的な電圧パルスを印加する毎に放電開始

基づいて前記放電状態を識別することを特徴とするものである。

【0019】

【作用】本発明の放電加工方法においては、加工電極と被加工物との間の加工間隙に予め設定された通電時間及び休止時間に従って間欠的に電圧パルスを印加して放電を発生させるとともに、加工電極と被加工物とを相対移動させて被加工物を加工するに際して、加工中の複数の放電状態（正常放電、ショート、リーク等）と、その複数の放電状態の各々の放電周波数を検出し、各放電状態に応じ予め設定された加工効率と前記放電周波数とに基づく疑似的な加工エネルギーを算出し、算出された前記加工エネルギーに基づいて電極と被加工物との相対位置を制御するようにしたものである。

【0020】このように平均電圧又は無負荷時間により極間間隙を制御するのでなく、放電状態により加工エネルギーを推定し、監視しながら極間間隙を制御することができ、より正確で安定したサーボ送りによる放電加工が可能になる。

【0021】また、前記加工エネルギーは、前記複数の放電周波数と、その各々に対応する前記加工効率との積和により算出する。

【0022】前記加工電極と被加工物との相対位置を制御することに関しては、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御する。

【0023】また、加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別することに関しては、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態又は漏洩しているリーク状態に識別する。

【0024】さらに、加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別することに関しては、前記間欠的な電圧パルスを印加する毎に放電開始電圧を記憶し、その記憶された放電開始電圧のデータに基づいて前記加工電極と前記被加工物との間の放電状態を識別するものである。

【0025】本発明の放電加工装置によれば、加工中の放電状態を検出するとともに複数の放電状態に識別する手段と、識別する複数の放電状態に応じた複数の放電周波数を検出する手段と、予め前記複数の放電状態に応じた複数の加工効率を設定する手段と、前記複数の放電周波数と前記加工効率とに基づいて加工エネルギーを算出する手段と、算出した加工エネルギーに基づいて加工電極と被加工物との相対位置を制御する位置制御手段とを備えているので、これら各手段の動作で上述した作用を発揮する放電加工方法を実現できる。

【0026】この場合に、前記通電時間及び／又は休止時間を、加工中の加工状態に応じて可変設定する。

一を算出するに際して、前記記憶手段から予め設定された複数の加工効率を読み取り、読み取った加工効率を基に加工エネルギーを算出する。

【0028】さらに、前記算出する手段は、加工エネルギーを前記複数の放電周波数とその各々に対応する前記加工効率との積和により算出する。

【0029】また、前記位置制御手段は、加工電極と被加工物との間の相対位置を制御するに際して、前記加工エネルギーにより決定される相対速度に従って前記加工電極と前記被加工物との相対移動を制御する。

【0030】さらにまた、前記識別する手段は、加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別するに際して、通常の正常放電状態、前記加工電極と前記被加工物との間が短絡であるショート状態及び漏洩しているリーク状態に識別する。

【0031】また、前記識別する手段は、加工中の放電状態を検出するとともに前記複数の放電状態に識別するに際して、前記間欠的な電圧パルスを印加する毎に放電開始電圧を記憶し、その記憶された放電開始電圧のデータに基づいて前記各放電状態を識別する。

【0032】このような放電加工装置の各手段の動作により、放電状態により加工エネルギーを推定し、監視しながら極間間隙を制御することができ、より正確で安定したサーボ送りによる放電加工を行う本発明の放電加工方法を実現できる。

【0033】

【実施例】以下に、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0034】図1は本発明の放電加工装置の一実施例としてのワイヤ放電加工機を示すブロック図である。

【0035】図1に示すワイヤ放電加工機において、被加工物1とワイヤ電極2は、位置制御手段を構成するサーボモータ5、6により相対的位置が制御され、被加工物1とワイヤ電極2との間に加工間隙が形成される。ワイヤ電極2はガイド3、3間に張設され、加工間隙には、直流電源7、スイッチング素子（トランジスタ）8、抵抗器9、給電子4を通じて間欠的な電圧パルスが印加される。

【0036】図1に示す正常放電検出回路20、ショート検出回路21及びリーク検出回路22は、電極2と被加工物1との間に電圧パルスを印加したときの極間電圧波形より放電状態を検出する回路である。正常な放電が行われたときは正常放電検出回路20から正常放電パルスが出力され、放電が行われずショート状態のときはショート検出回路21からショートパルスが出力される。また、リーク検出回路22からは、極間の電圧が比較的低いとき放電が発生したときリーク放電パルスを出力される。

【0037】図1に示すfdカウンタ30、fsカウン

ス、ショートパルス及びリーク放電パルスを計数して正常放電周波数 f_d 、ショート周波数 f_s 及びリーク放電周波数 f_l を求め、これらを算出する手段を構成するCPU40が扱うことのできる f_d データ、 f_s データ及び f_l データに変換し、CPU40に出力するようになっている。

【0038】尚、上記実施例では、 f_d カウンタ30、 f_s カウンタ31、 f_l カウンタ32によって正常放電周波数 f_d 、ショート周波数 f_s 及びリーク放電周波数 f_l を求めるようにしているが、それに限らず、たとえば f_d カウンタ30、 f_s カウンタ31、 f_l カウンタ32は各々正常放電パルス、ショートパルス及びリーク放電パルスの計数だけを行い、CPU40によって、これらの計数値を所定のサンプリング周期毎に読み込み、CPU40が前記計数値及びサンプリング周期に基づいて正常放電周波数 f_d 、ショート周波数 f_s 及びリーク放電周波数 f_l を算出するようにしてもよい。

【0039】前記CPU40は、複数のCPU及び記憶手段としてのメモリ等からなる制御回路であって、後述するように f_d データ、 f_s データ、 f_l データ及びその他のデータに基づいて諸演算を行い、電極2と被加工物1のギャップ長を制御するための位置指令を数値制御装置等の位置サーボ制御回路41に出力する。位置サーボ制御回路41の出力はモータ5、6に接続され、モータ5、6は被加工物1（又は電極2）と機械的に接続され、被加工物1と電極2の相対位置を制御している。また、前記メモリには、通電時間 T_{on} や休止時間 T_{off} 等の種々の加工条件が、所定の入力手段によって設定され記憶されている。

【0040】パルス列発生回路42は、予め設定された通電時間 T_{on} や休止時間 T_{off} 等の種々のパルスデータをCPU40より取り込み、所定のパルス列を発生させ、このパルス列をアイソレーションアンプ10に出力してスイッチング素子8をオン、オフさせる。即ち、そのパルス列は、図3に示すように、放電開始信号から通電時間 T_{on} だけスイッチング素子8をオンさせ、その後、スイッチング素子8を休止時間 T_{off} の間オフさせる。 T_{off} 経過後再びスイッチング素子8をオンさせる。

【0041】図2は、前記正常放電検出回路20、ショート検出回路21及びリーク検出回路22の構成を示すブロック図である。図2に示すように、正常放電検出回路20は、被加工物1と電極2との極間電圧を抵抗 R_1 、 R_2 で分圧して受ける差動増幅器61と、分圧された極間電圧を所定の基準電圧 V_d （可変設定可能）と比較して基準電圧 V_d 以上になるとハイ（論理High）信号を出力するコンパレータ62と、このコンパレータ62の出力を微分して正常放電パルスを f_d カウンタ30に出力する微分回路63とから構成されている。

はインピーダンス Z の帰還インピーダンス、65はインピーダンス Z の接地インピーダンスである。

【0043】一方、ショート検出回路21は、コンパレータ71、フリップフロップ（R-SFF）72、アンドゲート73及びインバータ74からなり、これらは図2に示すように接続されている。

【0044】また、フリップフロップ72のR（リセット）端子及びゲート73の1つの入力端子は各々パルス列発生回路42と接続されている。パルス列発生回路42は、例えば極間に電圧パルスを印加する直前にフリップフロップ72及び後述するリーク検出回路22のフリップフロップ（R-SFF）82へリセット信号を出力する。さらにパルス列発生回路42は、極間電圧パルスの印加から所定のショート検出タイム T_s 経過後に、アンドゲート73へショートチェックパルス（ハイ信号）を出力するようになっている。

【0045】前記コンパレータ71は、正常放電検出回路20の差動増幅器61の出力電圧とショート基準電圧 V_s （可変設定可能）とを比較して、差動増幅器61の出力電圧がショート基準電圧 V_s より低いときはロー信号をインバータ74及びフリップフロップ72のセット端子へ出力するようになっている。インバータ74は、コンパレータ71からのロー信号を反転してハイ信号をアンドゲート73に出力する。このとき、コンパレータ71からのロー信号によりフリップフロップ72のセット端子はローにセットされるので、フリップフロップ72の相補端子からハイ信号がアンドゲート73に送られ、また、パルス列発生回路42により、極間電圧パルスの印加から所定のショート検出タイム T_s 経過後に、アンドゲート73へショートチェックパルス（ハイ信号）が出力されるので、アンドゲート73はこれらの信号によりショート状態と判定し、アンドゲート73が開いて f_s カウンタ31へショートパルスが出力される。

【0046】さらに、極間電圧パルスの印加から所定のショート検出タイム T_s 経過する前に放電が発生したときは、ショート状態ではないので、極間電圧パルスの印加後一度でも差動増幅器61の出力電圧がショート基準電圧 V_s より高くなったときコンパレータ71はハイ信号をインバータ74、フリップフロップ72のセット端子及び後述する微分回路81に出力する。これにより、フリップフロップ72セット端子はハイにセットされるので、フリップフロップ72の相補端子からロー信号がアンドゲート73に送られ、アンドゲート73は閉じる。この結果、アンドゲート73から f_s カウンタ31へのパルスの出力は禁止される。要するにショート検出回路21は、ショート検出タイム T_s 経過後に放電が発生せず、かつ、極間電圧がショート基準電圧 V_s 以下のときに、ショートパルスを出力する。

【0047】また、リーク検出回路22は、微分回路8

り、これらは図2に示すように接続されている。微分回路81は、ショート検出回路21のコンパレータ71からの論理ハイの出力を微分し、ショート以外の全放電パルスを入力する。即ち、微分回路81は、極間電圧パルスの印加から所定のショート検出タイム T_s 経過する前に放電が発生し、一度でも差動増幅器61の出力電圧がショート基準電圧 V_s より高くなった状態のときにショート以外の全放電パルスをアンドゲート83に出力する。

【0048】リーク検出回路22のフリップフロップ82は、正常放電検出回路20のコンパレータ62の出力が論理ハイのときセットされ、正常放電状態を記憶する。このとき、フリップフロップ82の相補端子の出力は論理ローとなり、アンドゲート83は閉じる。従って、アンドゲート83は、微分回路81の出力である全放電パルスから正常放電パルスを除いたリーク放電パルスだけを f_1 カウンタ32へ出力する。尚、リーク放電パルスを直接計数せず、全放電パルスと正常放電パルスに基づいて、リーク放電周波数 f_1 を算出するようにしてもよい。

【0049】次に、図1に示す放電加工装置を用いた放電加工方法について説明する。

【0050】電極2と被加工物1との間に放電が発生すると、極間電圧波形は図3(A)に示すように変化する。すなわち、パルス列発生回路42によってトランジスタ8がオン状態になり、図3(A)の無負荷時間 t_{wd} の経過後には放電が開始している。正常放電検出回路20は、極間電圧が正常放電基準電圧を超えた後の放電である正常放電を検出し、放電開始から通電時間 T_{on} 経過するとトランジスタ8がオフになり放電は終了する。その後休止時間 T_{off} 経過すると再度トランジスタ8がオンになり、以下同様の動作が繰り返される。

【0051】ところが、図3(B)に示すように、加工間隙間に放電パルスが印加されてからショート検出タイム T_s 経過しても極間電圧が所定の基準値に達しないときは、ショートと判定され、その後はショート用の電圧が印加され、ショート時の通電時間 T_{ons} 及び休止時間 T_{offs} によってトランジスタ8が制御されショート電流が流れる。 T_{ons} 及び T_{offs} の値は、加工条件に応じて任意に設定されてCPU40内に予め記憶されている。

【0052】また、ショートではないが放電開始が所定の正常放電基準電圧に達せず放電が発生したようなリーク状態を図3(C)に示す。本実施例では、放電開始が正常放電基準電圧とショート基準電圧の間で発生したときを示しているが、さらに複数の状態に識別してもよい。例えば、放電パルスを印加する毎に、放電開始電圧を記憶し、そのアナログ値をデジタルデータへ変換し、CPU40がそのデータを読み取るようにしてもよ

【0053】さて、 f_d カウンタ30からは正常放電周波数 f_d が、また f_s カウンタ31からはショート周波数 f_s が、さらに f_1 カウンタ32からはリーク放電周波数 f_1 が各々データとしてCPU40に送出される。

【0054】一般に、上記の各放電パルスの加工エネルギーは異なる。正常放電パルス、ショートパルス及びリーク放電パルスの1パルス当たりの加工エネルギー（加工効率）をそれぞれ K_d 、 K_s 及び K_l とすると単位時間当たりの加工エネルギー P_d は、 $P_d = f_d \times K_d + f_s \times K_s + f_1 \times K_l$ により表すことができる。

【0055】被加工物1の板厚を L （一定）、加工速度を F_d とすると、 $F_d = P_d / L$ と表すことができる。従って、被加工物1と電極2との相対移動速度指令、即ち、加工速度指令 F_p を、 $F_p = F_d$ となるようにCPU40が位置サーボ制御回路41に位置指令を出力する。

【0056】また、被加工物1の板厚が一定ではないときは、予め被加工物1の材質や加工条件等により設定される目標加工エネルギー P_o を定め、 $P_o = P_d$ となるようにCPU40が位置サーボ制御回路41に位置指令を出力すればよい。尚、本実施例では被加工物1の板厚が一定であるとする。

【0057】CPU40は、 f_d カウンタ30、 f_s カウンタ31及び f_1 カウンタ32からそれぞれ正常放電周波 f_d 、ショート周波数 f_s 及びリーク放電周波数 f_1 を読み込み（図4、ステップS1）さらに、メモリから L 、 K_d 、 K_s 及び K_l を読み込み（ステップS2）、 $P_d = f_d \times K_d + f_s \times K_s + f_1 \times K_l$ の演算を行って推定の加工エネルギー P_d を算出し（ステップS3）、 $F_d = P_d / L$ の式に基づいて推定の加工速度 F_d を算出する（ステップS4）。次いで、 $F_p = F_d$ の式に基づいて上記の相対移動速度指令 F_p を求める（ステップS5）。

【0058】CPU40は、算出された相対移動速度指令をもとに、電極2と被加工物1のギャップ長を制御するための位置指令を位置サーボ制御回路41に出力する。位置サーボ制御回路41は、与えられた位置指令よりモータ5、6を駆動し、電極2と被加工物1のギャップ長の制御を行う。

【0059】本発明はこの実施例に限定されるものではなく、また放電加工装置としてはワイヤ放電加工機に限らず、形彫放電加工機にも適用可能である。

【0060】

【発明の効果】以上本発明によれば、加工中の放電状態を複数の状態に識別し、その各々の放電周波数を検出するとともに、その各加工状態に応じた加工効率を予め設定し、上記放電周波数と加工効率により加工エネルギーを求め、その加工エネルギーに基づいて電極と被加工物の相対位置を制御するようにしたので、ショートやリー

スが発生するインコーナ部等の加工においても安定したサーボ送り加工を実行する放電加工方法を提供することができる。

【0061】また、本発明によれば、前記放電状態を識別する手段、放電周波数を検出する手段、加工効率を設定する手段、加工エネルギーを算出する手段及び位置制御手段を用いた構成により、上記効果を奏する放電加工方法を確実に実現できる放電加工装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の放電加工装置の一実施例を示すブロック図である。

【図2】図1に示す放電加工装置における正常放電検出回路、ショート検出回路及びリーク検出回路の構成を示すブロック図である。

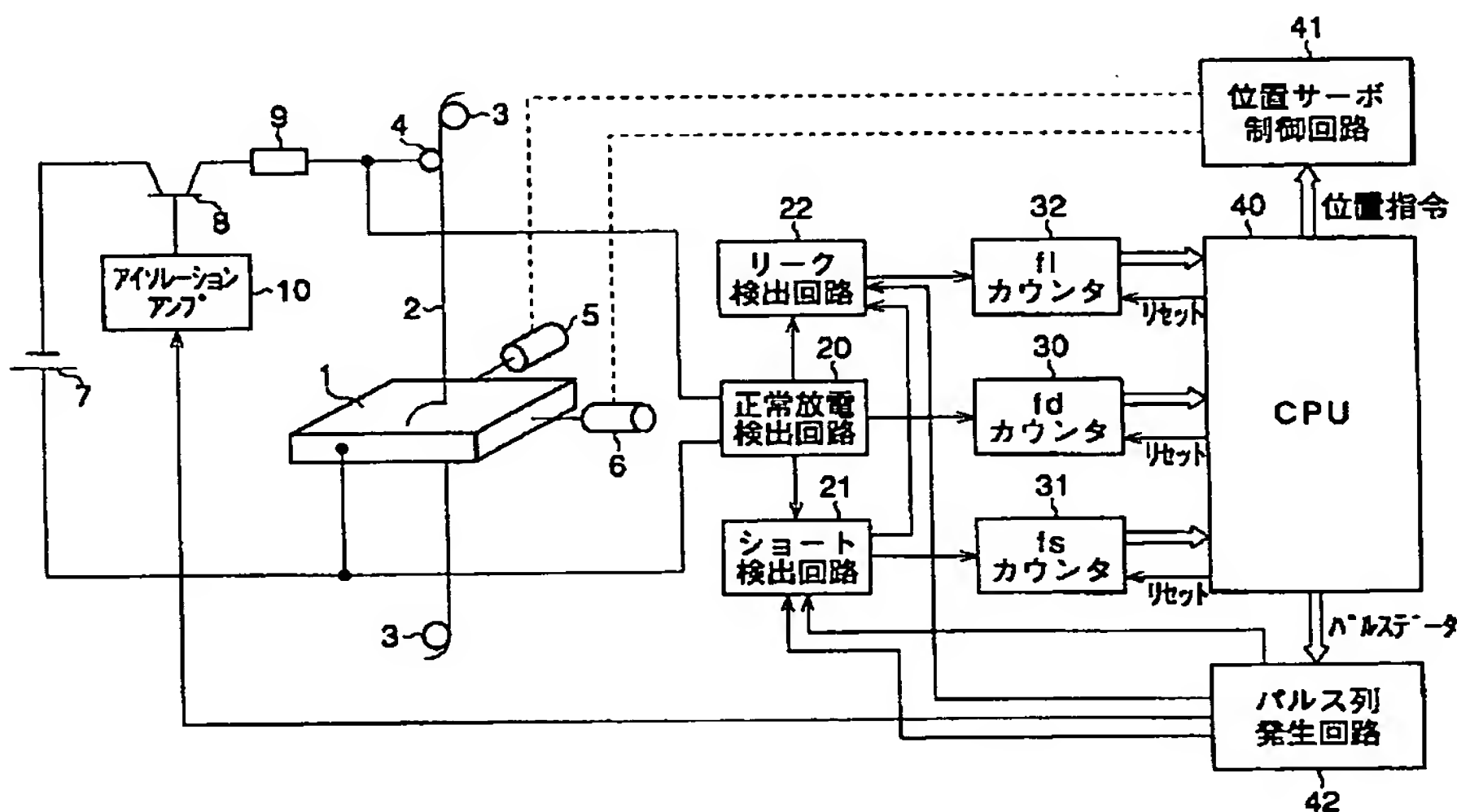
【図3】正常放電時、ショート時及びリーク時の極間電圧を示す波形図である。

【図4】加工速度指令を演算するCPU動作を示すフローチャートである。

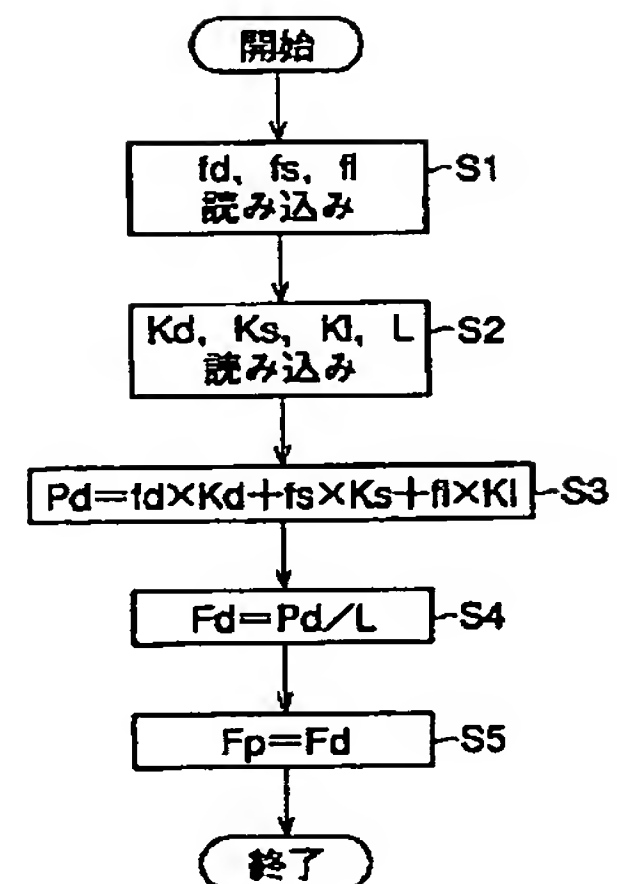
【符号の説明】

- 1 被加工物
- 2 ワイヤ電極
- 3 ガイド
- 4 給電子
- 5 サーボモータ
- 6 サーボモータ
- 7 直流電源
- 8 スwitching素子
- 9 抵抗器
- 20 正常放電検出回路
- 21 ショート検出回路
- 22 リーク検出回路
- 30 f dカウンタ
- 31 f sカウンタ
- 32 f lカウンタ
- 40 CPU
- 41 位置サーボ検出回路
- 42 パルス列制御回路

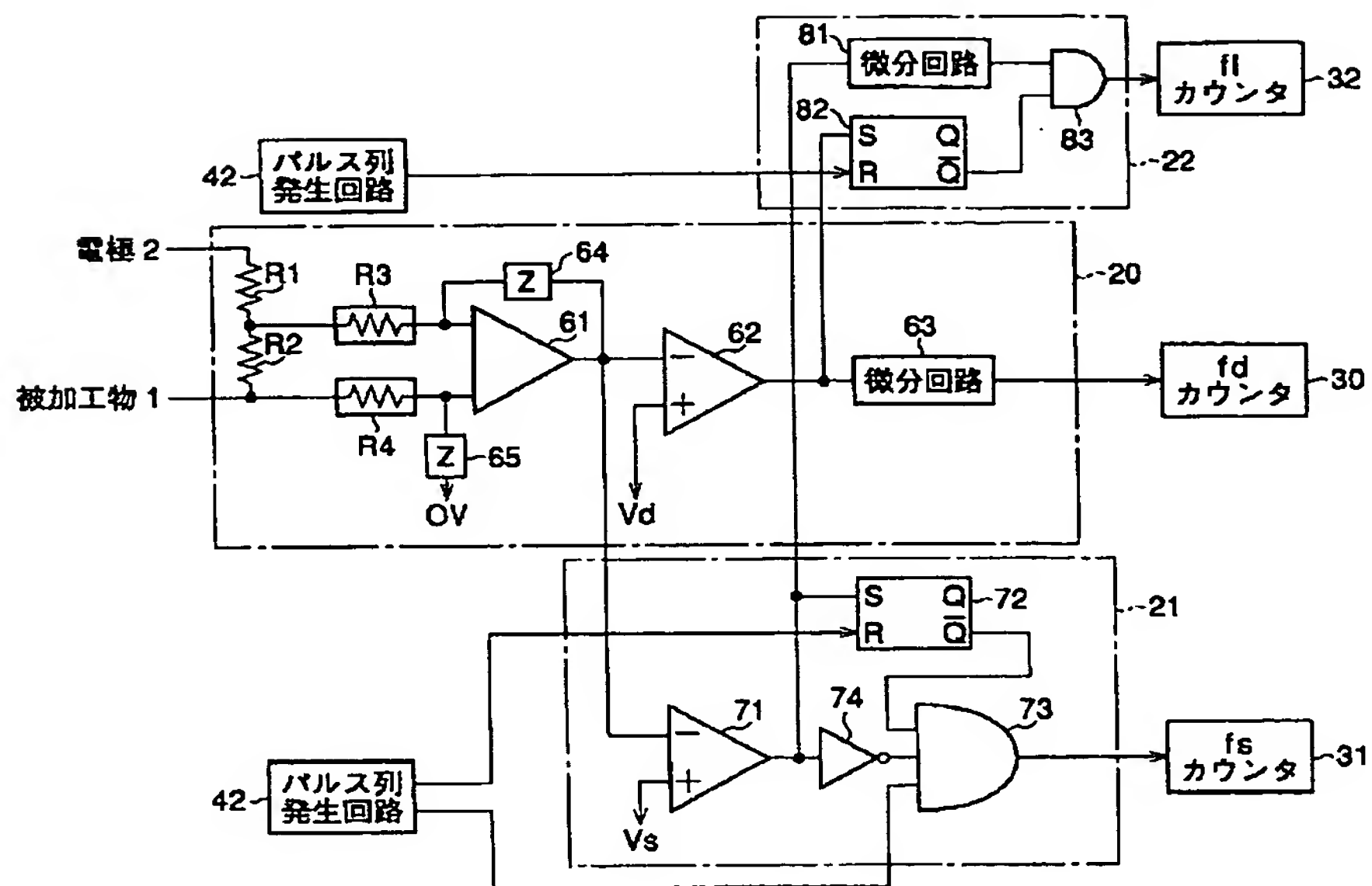
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

